

Analisis Penggunaan Limbah *Resin Coated Sand* sebagai Substitusi pada Cetakan *Greensand* Terhadap Karakteristik Produk Pengecoran Logam Aluminium

Akhmad Nurdin¹, Muhammad Dwi N¹, Ardi Bagus S¹, Fajar Paundra^{2,*}, Abdul Muhyi²,
Eko pujiyulianto², Putra Andi K², Fajar Perdana N², Farid Nanda S², Febri Budi D³

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Ceper
Batur, Tegalrejo, Kec. Ceper, Kabupaten Klaten

²Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Sumatera
Jl. Terusan Ryacudu, Kec. Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan

³Program Studi Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang
Sekaran, Kec. Gn. Pati, Kota Semarang

*e-mail author: fajar.paundra@ms.itera.ac.id

Received 7 Juni 2024 | Revised 4 Agustus 2024 | Accepted 31 Agustus 2024

ABSTRAK

Resin Coated Sand atau RCS salah satu jenis cetakan yang digunakan untuk proses pengecoran logam dan menghasilkan limbah yang mengandung resin. Sebagian besar limbah RCS masih dapat didaur ulang, karena masih mengandung pasir silika dan berukuran lebih kecil dibandingkan pasir silika untuk cetakan greensand. Cetakan greensand terdiri dari pasir silika dengan pengikat merupakan cetakan pasir yang sering digunakan pada industri pengecoran logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan limbah pasir RCS pada cetakan greensand terhadap karakteristik kekerasan dan struktur mikro pada peleburan ulang aluminium-silikon. Penelitian ini dilaksanakan untuk mendapatkan data pada komposisi limbah cetakan pasir RCS dengan presentase 0%, 20%, dan 40% terhadap pasir baru greensand, sedangkan material logam aluminium yang digunakan pada penelitian ini menggunakan limbah sepatu rem tromol sepeda motor. Hasil pengecoran logam didapat spesimen logam aluminium yang diuji kekerasan dan metalografi. Pada penambahan RCS 20% menunjukkan nilai kekerasan yang cenderung sama pada penambahan 0%, namun nilai kekerasan akan naik 2,4 kali pada penambahan RCS 40%. Berdasarkan pengujian metalografi penambahan RCS 40% menunjukkan struktur fasa Si yang cenderung lebih meluas dibandingkan pada penambahan 0% dan 20%.

Kata kunci: RCS, Greensand, Brinell, Struktur Mikro

ABSTRACT

Resin Coated Sand or RCS is a type of mold used for the metal casting process and produces waste containing resin. Most of the RCS waste can still be recycled, because it still contains silica sand and is smaller in size than silica sand for greensand molds. Greensand molds consist of bonded silica sand, which is a sand mold that is often used in the metal casting industry. This research aims to determine the effect of adding RCS sand waste to greensand molds on the hardness and microstructure characteristics of aluminum-silicon remelting. This research was carried out to obtain data on the composition of RCS sand molding waste with a percentage of

0%, 20% and 40% of new greensand, while the aluminum metal material used in this research used motorbike drum brake shoe waste. The results of metal casting obtained aluminum metal specimens whose characteristics were tested including hardness testing and metallographic testing. With the addition of 20% RCS, the hardness value tends to be the same as with the addition of 0%, but the hardness value will increase 2.4 times with the addition of 40% RCS. Based on metallographic testing, the addition of 40% RCS shows that the Si phase structure tends to be wider than the addition of 0% and 20%.

Key words: *RCS, Greensand, Brinell, Microstructure*

1. Pendahuluan

Limbah dari hasil sampingan proses manufaktur menjadi permasalahan lingkungan pada tren industrialisasi saat ini. Pengelolaan limbah perlu dipantau saat awal sampai akhir dari proses manufaktur, namun hal ini memerlukan biaya investasi yang cukup besar dan memberatkan bagi pelaku industri [1]. Namun ditinjau dari sisi lain limbah juga dapat dimanfaatkan kembali dalam sektor lainnya, sehingga dapat menaikkan nilai ekonominya [2]. Industri pengecoran logam merupakan salah satu Industrialisasi pengolahan logam yang memanfaatkan pasir sebagai cetakan peleburan logam [3]. Terdapat beberapa jenis cetakan pasir yang digunakan untuk proses pengecoran logam, diantaranya *Resin Coated Sand* atau disebut *RCS* yang merupakan pasir silika yang berpengikat resin (berbasis polimer) [4] seperti yang ditunjukkan Gambar 1. Sedangkan limbah *RCS* setelah dipakai cenderung tidak digunakan sehingga cenderung menghasilkan limbah resin dan seperti yang ditunjukkan Gambar 2. Pada dasarnya sebagian besar limbah *RCS* masih dapat didaur ulang, karena masih mengandung berupa pasir silika secara visual masih baik dan berukuran lebih kecil dibandingkan pasir silika untuk cetakan *greensand* [2].

Cetakan *greensand* merupakan jenis cetak pasir terdiri dari pasir silika dengan pengikat merupakan cetakan pasir yang sering digunakan pada industri pengecoran logam dalam skala kecil sampai besar. Cetakan *greensand* memiliki karakteristik sebagai keunggulannya yang meliputi kemampuan alir gas atau permeabilitas tinggi, mudah dicetak [5][6], dan bisa dipakai secara berulang [7]. Komposisi cetakan *greensand* secara langsung akan mempengaruhi karakteristik dengan bentuk produk, dimensi, serta sifat mekanik cetakan yang akan menghasilkan bentuk logam cor yang baik [8].

Jenis pasir yang digunakan untuk membentuk cetakan *greensand* dapat menggunakan pasir hitam, pasir merah, maupun pasir silika dengan karakteristik yang berbeda. Pada pengecoran logam aluminium dengan metode *lost foam* menunjukkan cacat cor porositas dan penyusutan menggunakan pasir silika lebih kecil dan sedikit dibandingkan menggunakan pasir hitam dan pasir merah, hal ini disebabkan pada cetakan menggunakan pasir silika memiliki sifat mampu alir atau permeabilitas lebih tinggi dengan nilai $93,667 \text{ cm}^3/\text{min}$ dibandingkan pasir hitam dan pasir merah dengan masing-masing bernilai $59,667 \text{ cm}^3/\text{min}$ dan $78,667 \text{ cm}^3/\text{min}$. Permeabilitas yang tinggi akan memudahkan sirkulasi udara melalui celah-celah antar butir pasir cetak saat proses tuang logam cair, sehingga semakin rendah nilai permeabilitas udara akan sulit bersirkulasi pada cetakan dan terjebak dalam logam cair yang menyebabkan cenderung cacat porositas semakin tinggi [9]



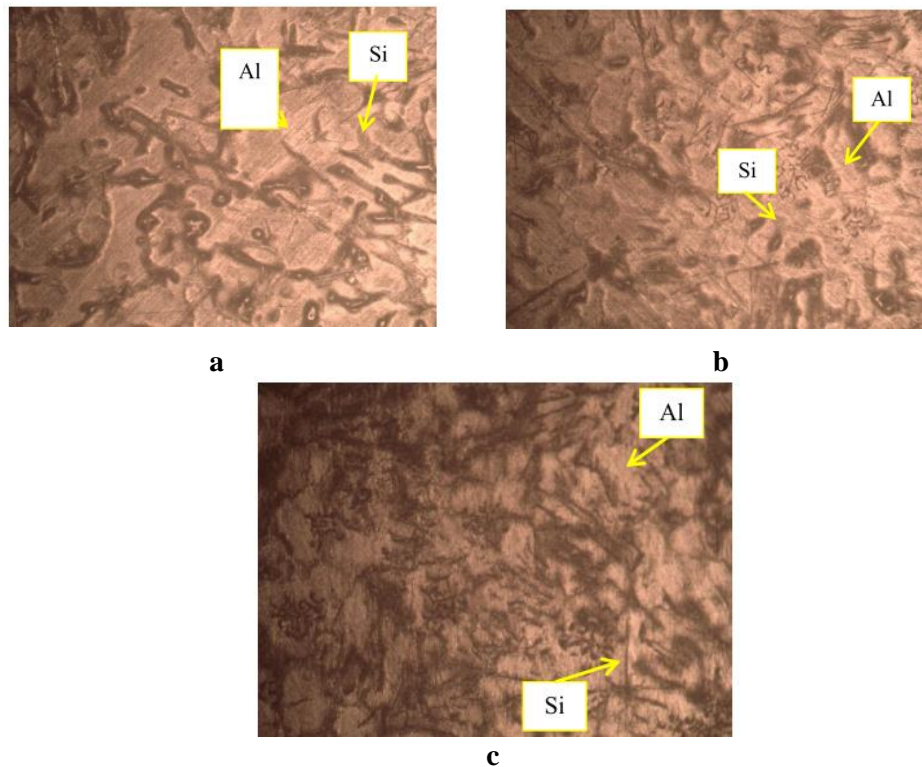
Gambar 1. Cetakan Pasir *RCS* [3]



Gambar 2. Limbah Cetakan Pasir RCS [3]

Pasir cetak berbentuk butiran-butiran dengan berbagai ukuran, pada cetakan *greensand* untuk pengecoran logam dapat menggunakan butiran dengan ukuran tertentu sesuai dengan perlakuannya, yaitu tanpa pengayakan besar, pengayaan $< 300 \mu\text{m}$, dan pengayaan $\geq 300 \mu\text{m}$. Penggunaan pasir berdasarkan ukuran ini menunjukkan pada pengayaan $< 300 \mu\text{m}$ memiliki nilai kuat tekan, dan kuat geser lebih besar dibandingkan tanpa ayakan dan pengayaan $\geq 300 \mu\text{m}$. Pada kekuatan geser, kerapatan dan kepadatan dipengaruhi oleh besar butir, dengan semakin kecil butiran semakin padat dan rapat cetakan,. Pada kekuatan tekan, pengayaan $< 300 \mu\text{m}$ menunjukkan nilai tertinggi, selain itu pengayaan $\geq 300 \mu\text{m}$ bernilai paling rendah, rendahnya nilai ini disebabkan pasir didominasi oleh pasir kasar yang memiliki ikatan antar muka butir yang lebih rendah. Sedangkan nilai kekuatan geser dan kekuatan tekan yang tinggi ini dapat mencegah terjadinya erosi saat penuangan logam cair [10]. Sedangkan berdasarkan ukuran *mesh*, ukuran butir pasir juga mempengaruhi kekerasan hasil cor logam pada metode *lost foam casting (LFC)*. Ukuran pasir cetak yang digunakan dapat menggunakan ukuran butir yang melewati *mesh* 16, 30, dan 80. Berdasarkan hasil pengujian kekerasan menggunakan *Rockwell* bola baja ukuran 1/16 inci sebanyak 10 titik pada setiap spesimen uji menunjukkan semakin halus ukuran butir maka nilai kekerasan logam cor akan meningkat, hal ini disebabkan semakin kecil celah antar pasir maka sirkulasi udara akan semakin rendah dan mengakibatkan laju pembekuan logam cair akan semakin lama [11].

Dalam membentuk cetakan *greensand* dibutuhkan bahan pengikat untuk mengikat antar butiran pasir, pengikat ini dapat menggunakan *bentonit* atau lempung. Komposisi bentonit 0%, 8%, dan 16% pada cetakan *greensand* akan mempengaruhi nilai kekerasan pada hasil spesimen cor aluminium-silikon. Pada komposisi bentonit 8% menghasilkan nilai tertinggi 84,26 VHN selanjutnya diikuti komposisi bentonit 16% dan 0% dengan masing-masing 78,17 VHN dan 72,53% seperti yang ditunjukkan. Komposisi bentonit akan mempengaruhi besar butir pasir sehingga mempengaruhi permeabilitas pasir cetak, sehingga hal ini menyebabkan semakin tinggi nilai permeabilitas maka kecepatan pendinginan logam cor akan meningkat pula. Sedangkan kecepatan pendinginan secara langsung akan mempengaruhi bentuk fasa sehingga mempengaruhi kekerasan material hasil cor, saat kecepatan pendinginan cenderung lama maka struktur Al dan Si akan cenderung merenggang dan menghasilkan hasil cor yang kasar, sebaliknya apabila pendinginan yang cenderung cepat maka struktur fasa Al dan Si akan lebih rapat dan menghasilkan hasil cor lebih halus seperti yang ditunjukkan Gambar 3 [12].



Gambar 3. Hubungan Komposisi Bentonit pada Struktur Mikro (a) 0%, (b) 8%, (c) 16% [12]

Pada cetakan greensand antara pasir silika dan bentonit dapat terikat dengan menambahkan air dengan komposisi tertentu. Komposisi kadar air 4% cetakan greensand menghasilkan hasil coran aluminium yang cenderung terjadi cacat hasil produk berupa cacat penyusutan dan cacat rontok, sedangkan pada kadar air 7% tidak ditemukannya cacat penyusutan maupun cacat rontok. Pada pengamatan mikrostruktur spesimen cor aluminium menunjukkan kadar air 7% pembentukan struktur fasa lebih rapat dan lebih merata dibandingkan kadar air 4% dan 10%, sehingga nilai kekerasan pada kadar air 7% juga lebih tinggi dibandingkan kadar air 4% dan 10%. Selain itu kekerasan spesimen hasil cor pada kadar air 7% menghasilkan nilai tertinggi yang mencapai 119,1 VHN, dibandingkan kadar air 4% maupun 10% dengan nilai minimum 83.0 VHN [13].

Pada dasarnya sebagian besar limbah RCS masih dapat didaur ulang, karena masih mengandung berupa pasir silika yang layak digunakan untuk jenis cetakan pasir lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan limbah pasir RCS pada cetakan greensand terhadap karakteristik kekerasan dan struktur mikro pada produk hasil peleburan ulang aluminium-silikon. Penelitian ini secara langsung bermanfaat untuk mengurangi limbah cetakan pasir RCS, menaikkan nilai keekonomian limbah cetakan pasir RCS, mengurangi biaya produksi persiapan pasir cetak. Penelitian ini juga untuk mengetahui komposisi pasir cetak dalam menghasilkan produk yang layak. Selain itu, riset ini juga berkontribusi mendukung pemerintah dalam merenapkan konsep *zero waste manufacture industry* dalam skala besar, menengah, dan kecil.

2. Metodologi

2.1 Cetakan Pasir dan Pengecoran Aluminium

Pada dasarnya, penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil komposisi limbah cetakan pasir RCS dengan presentase 0%, 20%, dan 40% terhadap pasir baru *grendsand*. Sedangkan Komposisi bentonit yang digunakan 8% dari total berat pasir cetak [12]. presentase kadar air yang digunakan 7% dari total berat pasir cetak [13], serta ukuran butir pasir yang digunakan dengan ukuran yang melewati mesh 80 yang tertahan mesh 100 [11]. Material logam aluminium yang digunakan pada penelitian ini menggunakan limbah sepatu rem tromol sepeda motor, merupakan aluminium tipe Al-Si seperti ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 4. Sepatu Rem Tromol Sepeda Motor Bekas

Setelah memastikan komposisi pasir sesuai variasi dan bahan aluminium silikon telah siap, membuat spesimen cetakan pasir dan dilakukan proses pengecoran logam aluminium-silikon menggunakan pasir cetak yang sesuai komposisi variasi yang direncanakan, Langkah-langkah pembuatan cetakan pasir sampai pengecoran sebagai berikut :

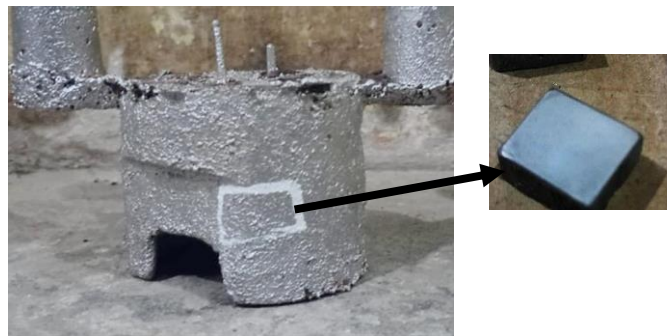
1. *Treatment* pada limbah cetakan RCS yang meliputi pemilihan pasir yang tidak terbakar, selanjutnya digerus dan diayak dengan ukuran butir pasir digunakan pasir yang melewati mesh 80 yang tertahan mesh 100.
2. Menyusun cetakan *greensand* dengan komposisi pasir silika-RCS sesuai dengan variasi, dan penambahan bentonit sebagai pengikat 8% serta air 7%.
3. Membuat cetakan *greensand* dengan pola produk yang desain seperti ditunjukkan pada Gambar 5, sedangkan cetakan menggunakan rangka *flask*.
4. Menyiapkan peralatan peleburan berupa tungku peleburan dengan material sepatu rem tromol yang ditunjukkan Gambar 4.
5. Setelah memastikan alat peleburan lengkap, selanjutnya dilaksanakan peleburan logam aluminium, dan dilakukan penuangan logam cair pada cetakan yang telah disiapkan.



Gambar 5. Desain Pola

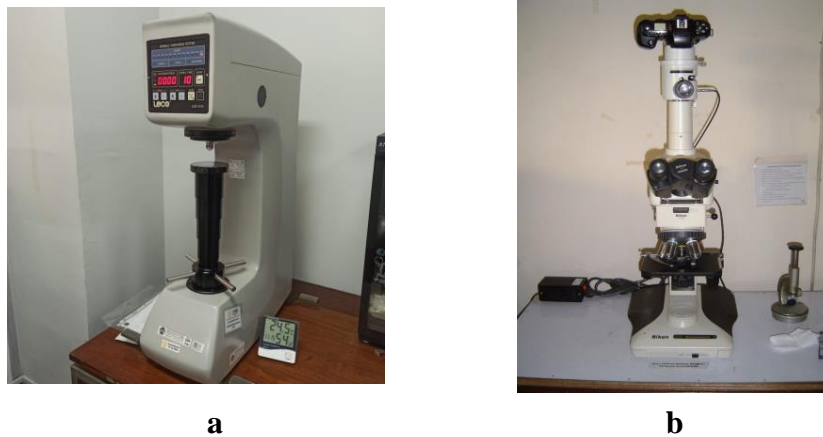
2.2 Spesimen uji dan Pengujian

Selanjutnya hasil pengecoran logam tersebut didapat spesimen logam aluminium yang diuji karakteristiknya meliputi pengujian kekerasan dan pengujian metalografi dilaksanakan di Politeknik Manufaktur Ceper. Persiapan spesimen meliputi pemotongan material produk pengecoran dengan ukuran 2 cm x 2 cm seperti yang ditunjukkan Gambar 6. Setelah pemotongan pada produk sesuai dengan ukuran spesimen, selanjutnya dilaksanakan penghalusan pada permukaan spesimen secara merata menggunakan kertas amplas ukuran grid 150 sampai 1200 secara berturutan.



Gambar 6. Produk Pengecoran dan Spesimen Aluminium

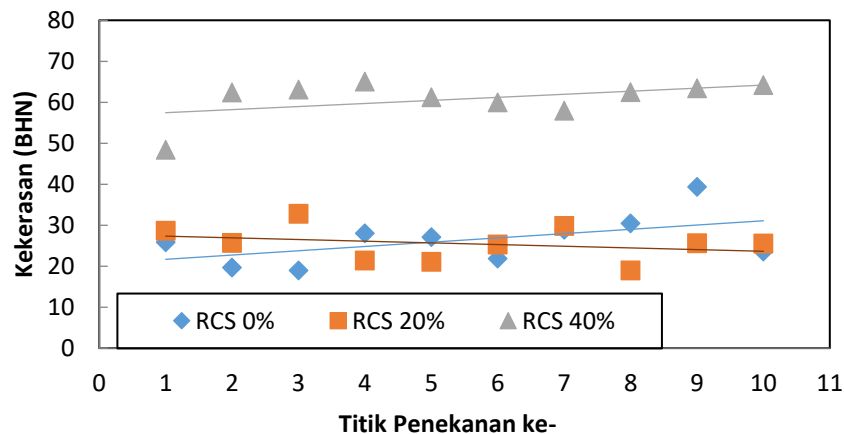
Kekerasan merupakan salah satu karakteristik utama dari material aluminium paduan, melalui pengujian kekerasan dapat prediksi ketahanan material terhadap beban mekanik dan gaya gesek. Sebagai data pendukung uji kekerasan dilakukan pengamatan mikrostruktur. Melalui pengamatan mikrostruktur dapat diamati bagaimana perubahan fasa pada setiap variasi penambahan pasir RCS, sehingga dapat menganalisa lanjut terjadinya perubahan kekerasan. Prosedur uji kekerasan menggunakan alat uji Brinell seperti ditunjukkan Gambar 7a dengan bola baja 1/16 inchi dan beban 613 N, setiap pengujian spesimen dilakukan pengulangan 10 kali [11]. Prosedur pengujian metalografi menggunakan alat struktur mikro seperti yang ditunjukkan Gambar 7b dengan spesimen yang sama saat pengujian kekerasan selanjutnya dilakukan proses *polishing*, proses etsa, dan pengeringan [13].



Gambar 7. Alat Pengujian (a) Uji Kekerasan Brinell (b) Uji Metalografi

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian kekerasan yang digunakan pada penelitian menggunakan uji Brinell (kekerasan BHN) dengan pengulangan 10 kali pada setiap spesimen. Hasil pengujian ini ditunjukkan Gambar 8 dengan grafik nilai kekerasan pada penambahan RCS 20% cenderung sama pada penambahan RCS 0% dengan nilai rerata masing-masing 25,48 BHN dan 26,37 BHN, namun nilai akan naik 2,4 kali pada penambahan 40% mencapai 60,82 BHN.



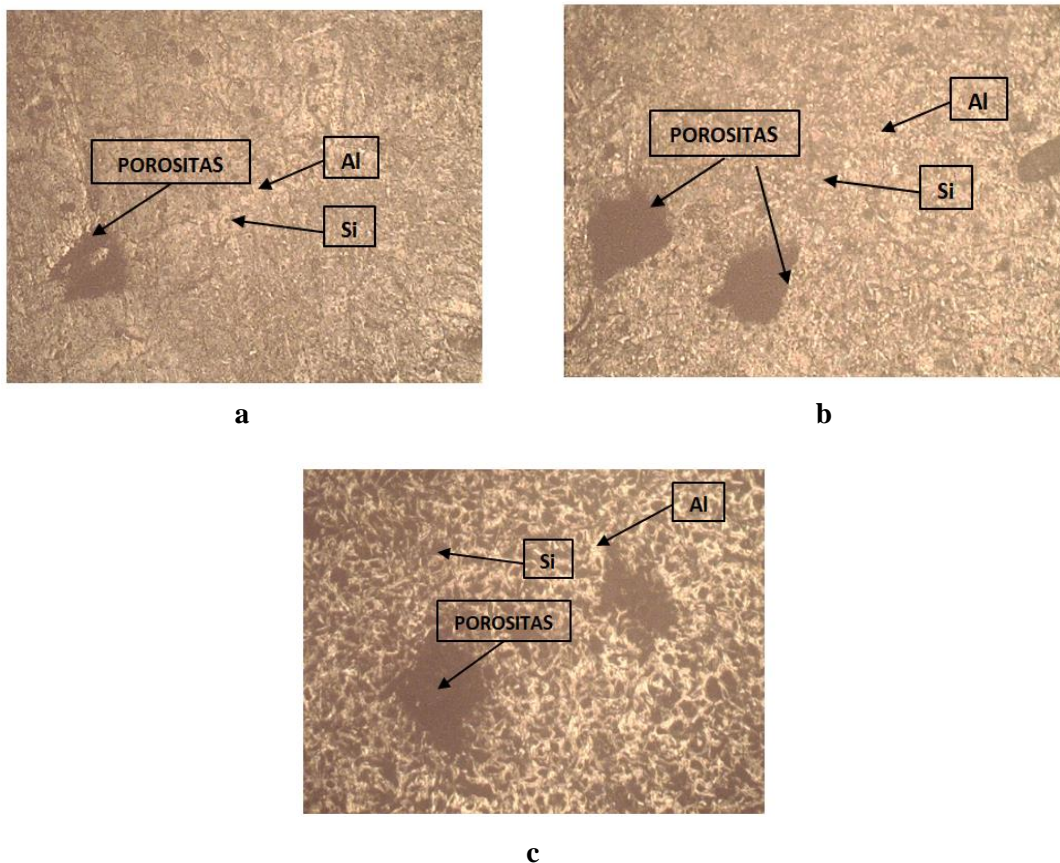
Gambar 8. Hasil Uji Kekerasan *Brinell*

RCS pada dasarnya memiliki butiran yang lebih kecil dibandingkan pasir silika sebagai bahan utama cetakan pasir hal ini menyebabkan semakin banyak substitusi RCS pada cetakan *greensand* mampu alir udara atau *permeabilitas* cenderung terhambat [3], sehingga nilai konduktivitas *thermal* atau laju pendinginan juga cenderung rendah [14], sedangkan laju pendinginan yang rendah menyebabkan laju pembekuan yang lebih lambat [12].

Kenaikan nilai kekerasan sampai 2,4 kali yang disebabkan nilai laju pendinginan pada penambahan RCS 40% dibandingkan penambahan RCS 0% dan 20% dapat dianalisa melalui pengujian metalografi yang diamati secara struktur mikro pada perbesaran 500 kali seperti yang ditunjukkan Gambar 9. Pada penambahan RCS 0% dan 20% bentuk struktur fasa cenderung sama dengan batasan butir yang cenderung halus dan susunan

fasa Si (bagian gelap) yang kecil secara berturut-turut ditunjukkan Gambar 9a dan 9b. Sedangkan pada penambahan RCS 40% bentuk struktur fasa cenderung kasar dengan susunan fasa Si yang besar, memanjang, dan struktur fasa Al (bagian terang) dan fasa Si lebih merenggang dibandingkan pada penambahan 0% dan 20% seperti yang ditunjukkan Gambar 9c.

Hal ini sejalan dengan penelitian Suheni dkk., (2021) yang menyatakan laju pendinginan yang cepat, atom Al dan Si solidifikasi yang terbentuk akan lebih cepat dengan bentuk fasa Si yang halus [15]. Sedangkan Laju pendinginan yang lambat akibat rendahnya nilai permeabilitas dan semakin rapatnya celah antar pasir secara langsung menyebabkan pada pengamatan struktur mikro, hal tersebut sesuai dengan pernyataan Wijayanto dan Sunyoto (2019) laju pendinginan yang lambat menyebabkan bentuk fasa Si cenderung besar dan memanjang [12]. Pada dasarnya, fasa Si memiliki sifat yang lebih keras dibandingkan fasa Al, sebagaimana penelitian yang dilakukan Satriani dkk., (2016) yang menyatakan fasa Si yang semakin besar dan memanjang maka luasannya akan semakin naik yang mengakibatkan kekerasan pada material tersebut cenderung keras pula [16].



Gambar 9. Hasil Metalografi Penambahan RCS (a) 0%, (b) 20%, (c) 40%

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan penambahan limbah RCS sampai 40% secara langsung mempengaruhi karakteristik peleburan ulang material limbah aluminium silikon. Pada penambahan RCS 20% menunjukkan nilai kekerasan yang cenderung sama pada penambahan 0%, namun nilai kekerasan akan naik 2,4 kali pada penambahan RCS 40%. Berdasarkan pengujian metalografi pada penambahan 0% dan 20% menunjukkan struktur fasa Si lebih halus, sedangkan penambahan RCS 40%

menunjukkan struktur fasa Si yang cenderung lebih meluas dan menyebabkan material lebih keras.

5. Daftar Pustaka

- [1] M. Nasir, E. P. Saputro, And S. Handayani, “Manajemen Pengelolaan Limbah Industri,” *Benefit J. Manag. Dan Bisnis*, Vol. 19, No. 2, Pp. 143–149, 2015.
- [2] A. I. Sanusi, N. Aisiah, R. A. Nugraha, And A. Nurdin, “Studi Pemanfaatan Limbah Cetakan Resin Coated Sand Sebagai Substitusi Cetakan Greensand Pada Pengecoran Logam Aluminium,” *J. Mech. Eng.*, Vol. 7, No. 2, Pp. 45–49, 2023.
- [3] A. I. S, N. Aisiah, R. A. Nugraha, And A. Nurdin, “Investigation Of The Addition Of Resin Coated Sand (Rcs) Waste As A Greend Sand Substitution On The Characteristics Of Sand Moulding,” *Int. J. Mech. Therm. Eng.*, Vol. 4, No. 2, Pp. 35–40, 2023.
- [4] A. H. Utomo, “Pengaruh Variasi Media Cetakan Pasir, Cetakan Logam Dan Cetakan Rcs (Resin Coated Sand) Terhadap Produk Coran Alumunium,” Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016.
- [5] Lutiyaatmi, T. Daryanto, And H. Abdillah, “Penerapan Face Sand Pada Pasir Cetak Untuk Mengurangi Reject Produk Di Pt. Mitra Karya Utama (Implementation Of Face Sand On Sand Mold To Reduce Product Reject In Pt. Mitra Karya Utama),” *Jurnal Berdaya Mandiri*, Vol. 3, No. 1, Pp. 518–528, 2021.
- [6] Lutiyaatmi, R. Sidiq, Hariningsih, And A. Nurdin, “Analisa Pengaruh Penambahan Seacoal Terhadap Karakteristik Pasir Cetak Greensand,” *Perwira Journal Sains & Teknik*, Vol. 4, No. 1, Pp. 1–4, 2024.
- [7] H. A. Ghufroon, “Pengaruh Variasi Persentase Gula Tetes (Molasses) Dalam Campuran Pasir Cetak Greensand Terhadap Kuantitas Cacat Gas Hole Logam Aluminium Adc 12,” *Foundry*, Vol. 5, No. 1, Pp. 8–11, 2022.
- [8] M. Fachri, “Pengaruh Pengikat Cetakan Pasir Terhadap Kualitas Produk Pulley Berbahan Alumunium Daur Ulang,” Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2020.
- [9] Dwi Haryono, “Pengaruh Jenis Pasir Cetakan Terhadap Produk Pengecoran Aluminium Dengan Metode Lost Foam Casting,” Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019.
- [10] B. D. Prihadianto, R. Krisnaputra, S. Darmo, And A. Prabowo, “Pengaruh Besar Butir Dan Temperatur Pemanasan Pasir Cetak Terhadap Sifat Mekanis Cetakan,” *Jurnal infotekmesin*, Vol. 12, No. 01, Pp. 16–21, 2021.
- [11] W. A. Saputra, M. Balfas, And M. H. Asiri, “Analisis Kekerasan Coran Aluminium Dengan Variasi Besar Butir Pasir Cetak,” *Teknologi*, Vol. 18, No. 1, Pp. 1–5, 2018.
- [12] S. Wijayanto And Sunyoto, “Variasi Komposisi Bentonit Pada Cetakan Pasir Blok Silinder Mesin Pemotong Rumpuk,” *Jurnal Dinamika Vokasional Tek. Mesin*, Vol. 4, No. April, Pp. 31–38, 2019.
- [13] P. Aji, “Pengaruh Kadar Air Pada Pasir Cetak Mikro , Dan Kekerasan Pengecoran Aluminium Bekas,” Universitas Negeri Semarang, 2018.
- [14] R. R. Sandi And H. Yudiono, “Pengaruh Variasi Volume Saluran Penambah (Riser) Terhadap Cacat Porositas dan Struktur Mikro Komponen Tutup Mesin Motor Listrik,” *Jurnal Kompetensi Teknik*, Vol. 12, No. 2, Pp. 13–20, 2020.
- [15] Suheni, A. A. Rosidah, Hasanuddin, And Danail Firmansyah, “Analisis Pengaruh Temperatur Dan Waktu Tuang Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Pengecoran

Paduan Al – Si,” In Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan I (Senastitan I), 2021, Pp. 402–407.

- [16] A. F. Satriani Et Al., “Pengaruh Penambahan Unsur Silikon (Si) Pada Shaft Propeller Berbahan Dasar Al-Mg-Si,” Jurnal Teknik Mesin, Vol. 4, No. 2, Pp. 170–177, 2016.